

2020년도 5월 중대재해사례

Focus on 5



Part **1** 「Focus on 5」 제작 배경

Part **2** 중대재해사례

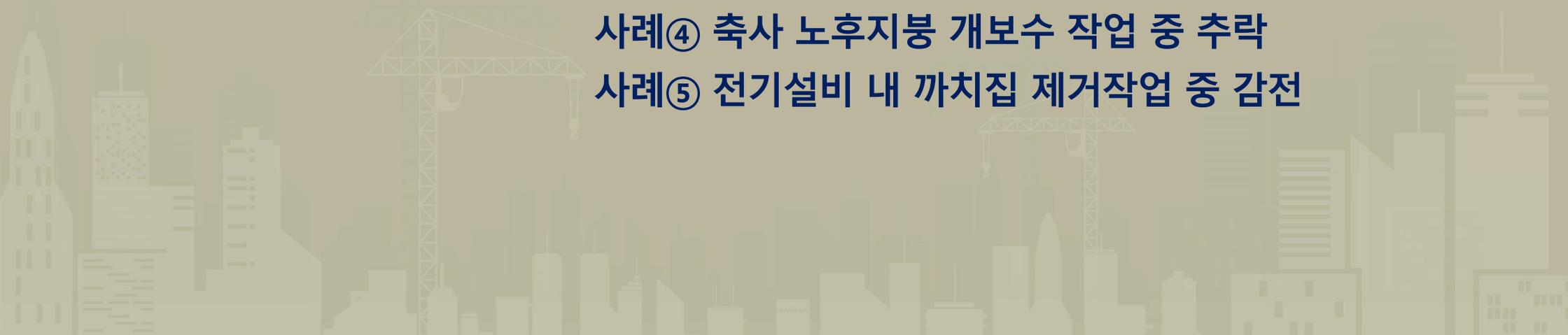
사례① 전선 접속부 과열 및 단락으로 화재

사례② 운전 중이던 보일러 폭발

사례③ 상수도 맨홀작업 중 질식

사례④ 축사 노후지붕 개보수 작업 중 추락

사례⑤ 전기설비 내 까치집 제거작업 중 감전



Part
중대재해사례



「Focus on 5」제작 배경





「Focus on 5」 제작 배경

- ① 매달 산업현장에서 이슈화된 중대재해사례 5가지를 교안으로 제작·보급
- ② 재해사례를 통해 핵심 사고원인과 대책을 전파하고 동종재해 예방 및 공감(성찰) 확산을 유도

Part
중대재해사례

2

중대재해사례





중대재해사례 5가지

- ① ○○공사현장(전선 접속부 과열 및 단락으로 화재) <사망 3명, 부상 37명>
- ② ○○레텍(운전 중이던 보일러 폭발) <사망 2명, 부상 5명>
- ③ ○○준설(상수도 맨홀작업 중 질식) <사망 1명, 부상 2명>
- ④ ○○개인공사(축사 노후지붕 개보수작업 중 추락) <사망 1명>
- ⑤ ○○열기기(전기설비 내 까치집 제거작업 중 감전) <사망 1명>

Part
중대재해사례



전선 접촉부 과열 및 단락으로 화재



○ 사고개요



» 2018년 6월 주상복합 신축현장에서 지하주차장 천장에 설치한 가설 조명등 연결전선의 접속부 과열 및 열축적에 의한 절연파괴로 발생한 단락 불꽃이 단열재에 착화되면서 대형 화재가 발생하여 **3명 사망, 37명 부상**

○ 사고내용

» 발생경위

① 조명등 접속부 늘어짐에 의한 열축적·발화

② 조명등 접속부 단락 시 발생한 전기스파크에 의해 천장의 아이소핑크 또는 바닥에 적치되어 있던 우레탄보드 포장 비닐에 점화되었을 것으로 추정됨.

※ 발화된 화재가 가연성 물질인 주차장 천장 단열재(아이소핑크) 설치구간을 따라 급속히 확산

* 아이소핑크 : 핑크색 압축발포폴리스티렌 재질의 가연성 단열재, 천장에 부착

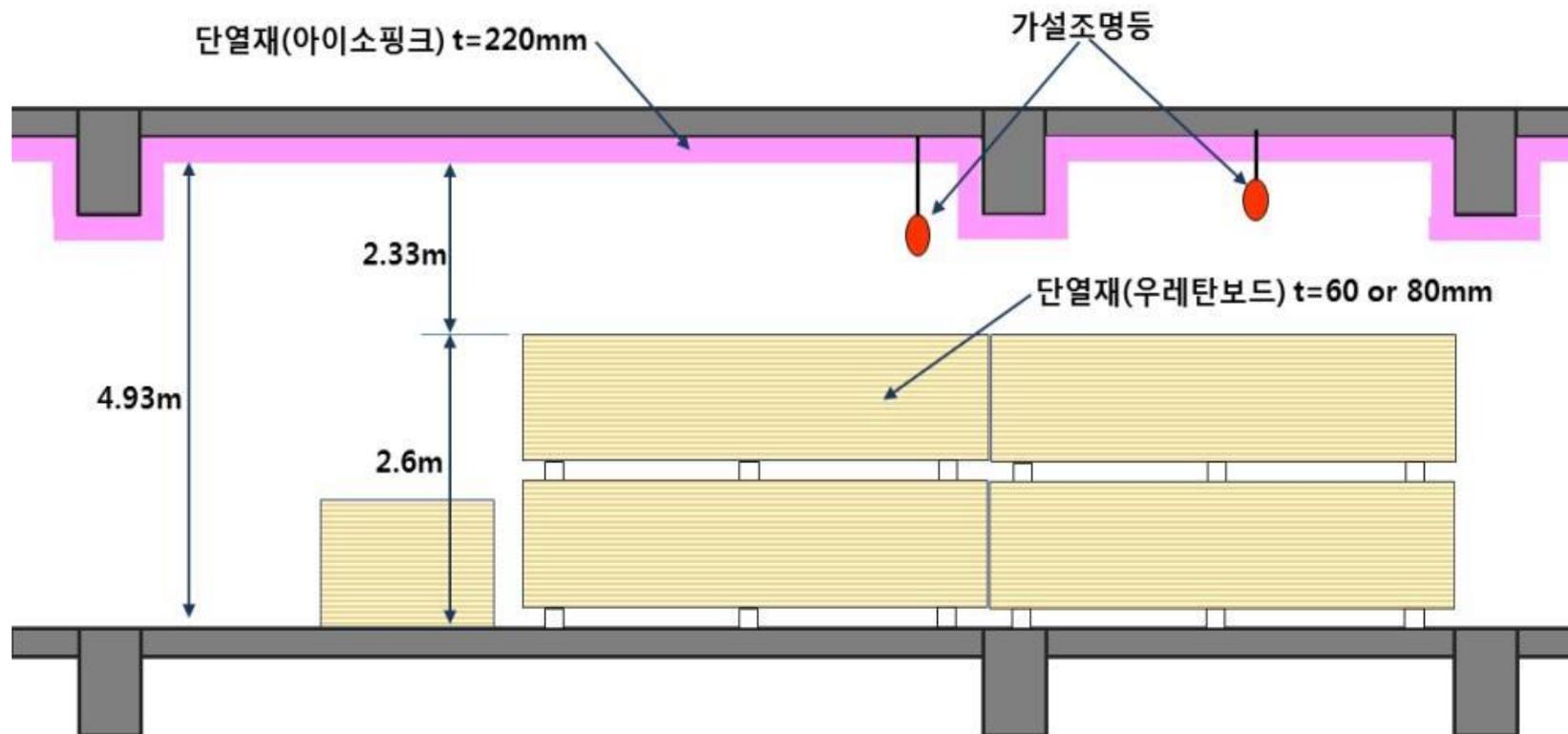
* 우레탄보드 : 황색 경질폴리우레탄 재질의 난연성 단열재, 벽체에 부착

1 전선 접속부 과열 및 단락으로 화재

» 최초 발화 추정지점 모습



» 최초 발화 추정지점 화재 전 상태



» 현장 내 주요 가연물 현황



천장(아이소핑크) 및 벽체(우레탄보드)에 단열재 시공



우레탄보드 적치물

» 점화원별 발생가능성 검토

- ▶ 가설조명등 접속부 늘어짐 및 전선연결불량에 의한 열축적·발화 (가능성 높음)
- ▶ 가설조명등 접속부 단락에 의한 전기스파크 (가능성 높음)
- ▶ 담뱃불의 단열재 포장지에 착화 (가능성 낮음)
- ▶ 용접불꽃, 유증기 (가능성 낮음)

» 발생가능 점화원 검토결과(추정)

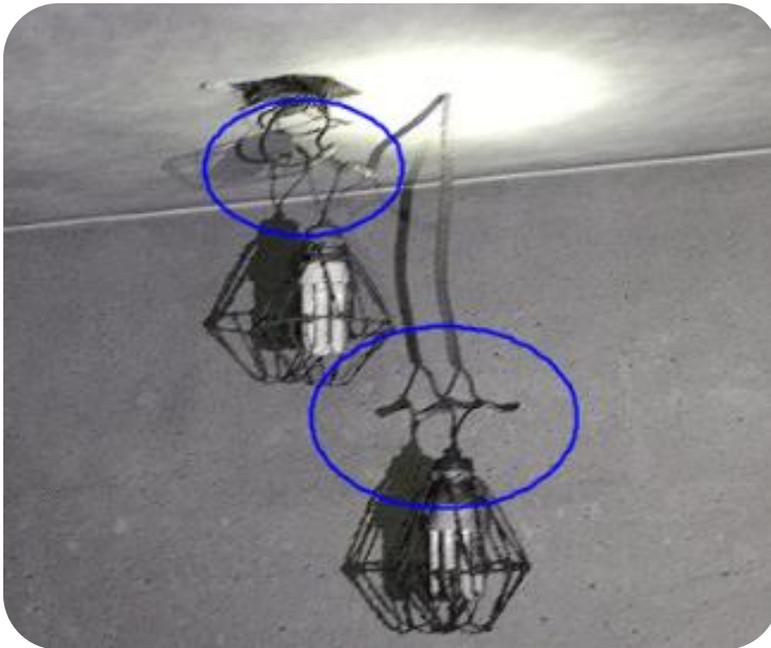
- ▶ 발생가능한 점화원 검토 결과
 - ① 조명등 접속부 늘어짐에 의한 열축적·발화
 - ② 조명등 접속부 단락 시 발생한 전기스파크에 의해
- ▶ 천장의 아이소핑크 또는 바닥에 적치되어 있던 우레탄보드 포장 비닐에 점화되었을 것으로 추정됨.

» 점화원 현황(추정)



전선을 콘크리트 타설 시 슬래브에 매입하여 천장 아래로 내림

» 점화원 현황(추정)



천장 인하 전선과 가설전등 전선의 접속

» 점화원 현황(추정)



접속부 탄화흔적

○ 사고발생 원인



» 부적합에 따른 발생

- ▶ **가설전등의 전선 접속방법 부적합에 따른 단락으로 전기스파크 발생**
 - 등기구의 자중과 물체(자재, 건설기계 등)와의 부딪힘으로 인해 접속점에 지속적으로 장력이 가해지면서 체결력 저하 및 심선의 일부단선 발생으로 통전능력 저하
- ▶ **가설전등의 접속부와 단열재 간 안전거리 미확보로 착화조건 형성**
 - 전선접속부에서 발생한 전기스파크에 의한 착화 가능성을 고려할 때, 천장에 부착된 가연성 단열재(아이소핑크)와 발화 위치로 추정되는 전선 접속부와는 매우 근접(0.2~1m) 했던 것으로 판단
- ▶ **화재 등 비상 시 경보체계 미 확립**
 - 즉각 작업을 중지하고 근로자를 대피 시킬 수 있는 경보운영체계 및 경보설비를 사전에 확보하지 못함으로써 작업자재 반출을 준비하던 근로자 3명이 화재를 인지하지 못함

○ 사고방지 대책



» 가설전등 설치 시 전선 접속부의 전기적·기계적 방호조치 철저

▶ 가설전등을 천장에 매달아 설치하기 위해 서로 다른 전선을 상호 접속하여 설치하는 경우에는,

- 전기 기계·기구의 충분한 전기적 용량 및 기계적 강도 확보
- 전선 간 접속점의 변형을 방지하기 위해 적절한 전기적·기계적 방호조치 실시

» 화재 등 비상 시 경보운영체계 확보

▶ 화재발생 위험이 있는 지하층에서 다수의 하청업체가 동시에 작업을 진행하는 경우에는,

- 비상상황에 즉시 대처 할 수 있도록 경보운영체계를 확립하고, 해당 작업 근로자에게 경보 운영사항을 통보하여야 하며,
- 지하 작업장에는 비상시 근로자에게 신속하게 알리기 위한 경보용 설비 또는 기구를 설치하고, 비상구·비상통로·비상용 기구를 쉽게 이용할 수 있도록 유지하여야 함

» 화재감시자 배치 및 화재·폭발 발생 분위기까지 도달하지 않도록 환기 (내부공기 치환)팬 설치

사례



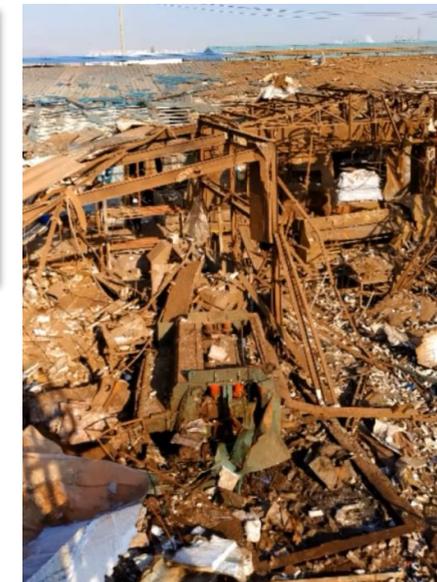
운전 중이던 보일러 폭발



○ 사고발생 개요



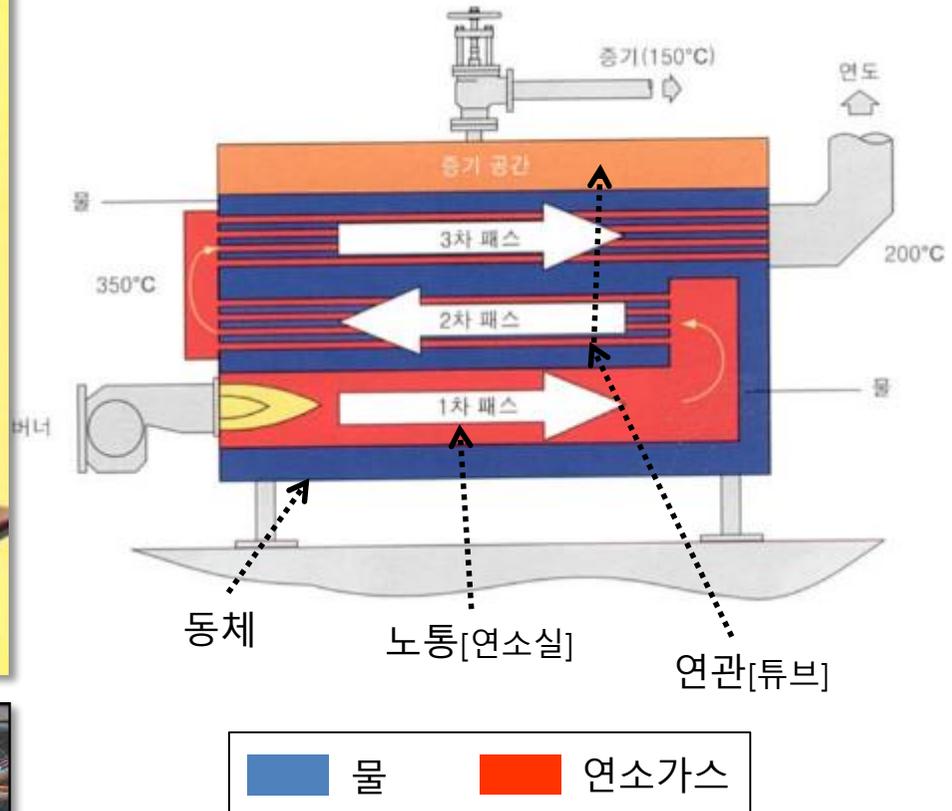
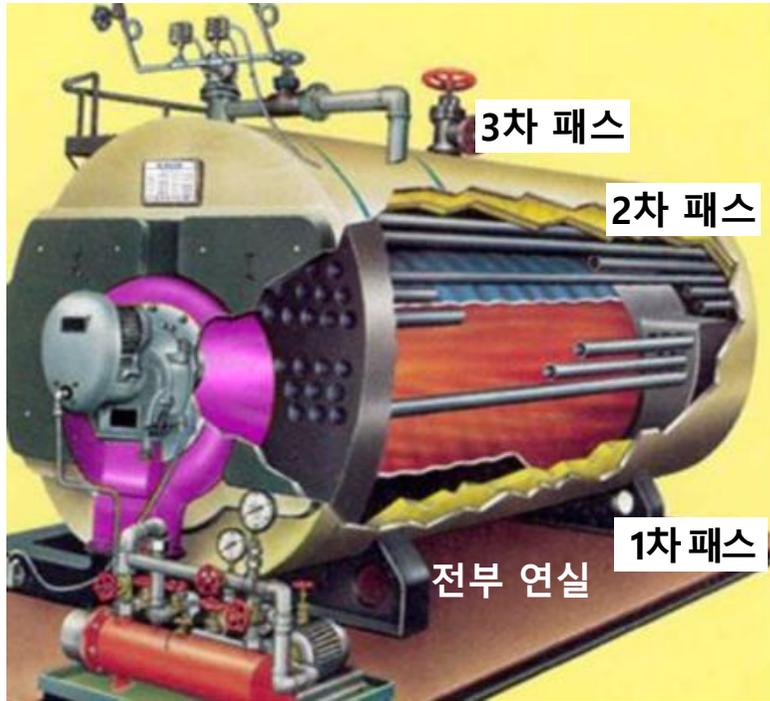
일시	작업 상황
사고 당일 11:24	• 경기도 양주시 소재의 모피 및 가죽제조 사업장에서
05:30	• 담당자가 스팀보일러 가동 후 다른 장소로 이동 설비 수리 작업 ※ 보일러는 5kgf/cm ² 정지, 3kgf/cm ² 기동 반복하며 자동 운전
11:24	• 보일러 폭발로 비산된 파편에 맞아 옆 건물 근로자 2명 사망, 5명 부상



(60m ~ 130m)



○ 노통연관 보일러 (동체 내부에 노통과 연관 위치)



[사고 발생 1달 전 ○○공단 안전검사 적정]

○ 사고발생 과정

» 폭발 가능 물질

LPG

- 점화용
- 파일럿 버너 연료



정제유

- 연료[주 버너]
- 인화점 약 40°C



수증기

- 보일러 수



[파일럿 버너]



[주 버너]



○ 사고발생 과정

» 위치 별 폭발 가능성

① 보일러실 내부

- LPG, 정제유 누출 폭발
- 가능성 낮음



② 노통, 연관 내부

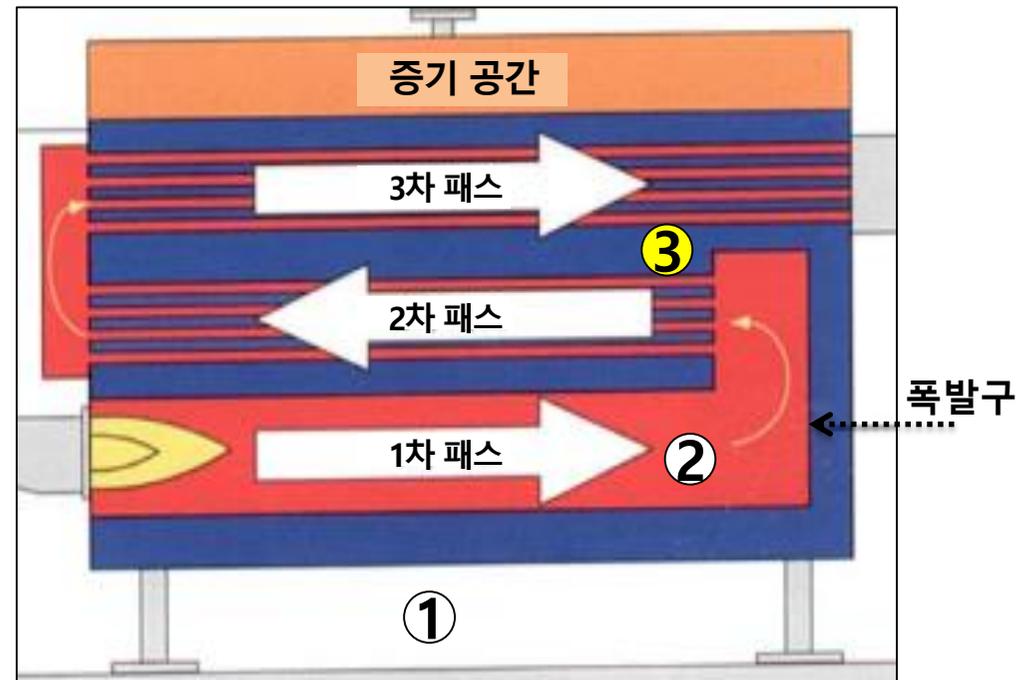
- LPG, 정제유 폭발
 - 가능성 낮음
- [폭발구 정상 작동]



폭발구 >

③ 동체와 노통/연관 사이

- 수증기[포화수] 폭발 [안전밸브 무의미]
- 가능성 높음



○ 사고발생 과정

» 수증기 폭발이 가능한 경우

▶ 스팀 토출밸브 차단에 의한 과압 [가능성 낮음]

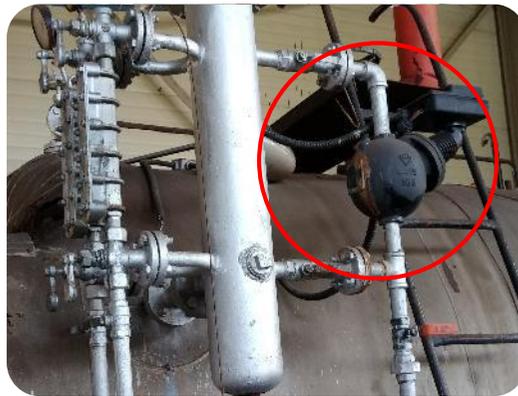
- ▶ 스팀 공급밸브 잠긴 상태로 장시간 운전. 최고허용압력 초과로 동체 파열
※ 안전밸브 미 작동 및 압력 상한스위치 미 작동 전제.

▶ 저수위에 의한 과열 [가능성 낮음]

- ▶ 저수위 상태로 과열 운전 중 보일러수 공급. 폭발적 기화 동체 폭발
※ 저수위 기능 고장 후 복구 및 자동 급수 (저수위 경보 무), 배기가스 온도 감지 고장 전제, 노통 압계 흔적 무



[파손된 수주관]



[정상 저수위 경보장치(예시)]



[노통 손상 없음]



[압계 예]

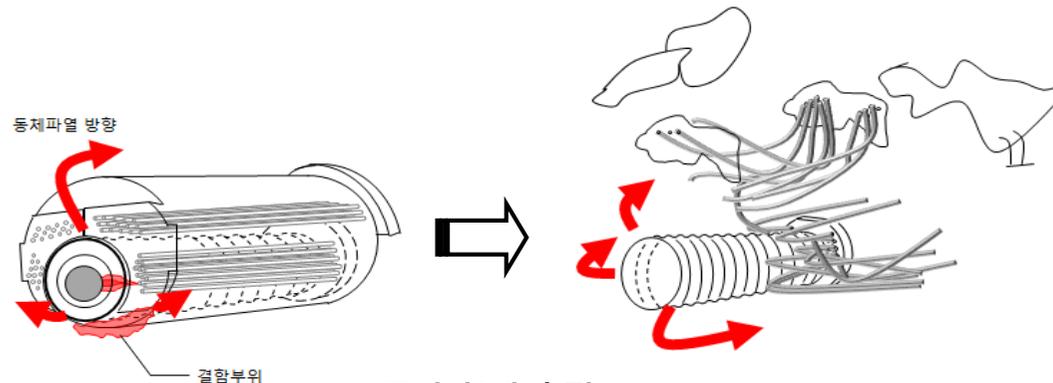
▶ 보일러 파열로 포화수 [보일러수] 급격한 기화 [가능성 높음]

- ▶ 보일러 동체 파열로 내부 압력이 저하. 과열된 포화수 자기 증발작용으로 순식간에 폭발적 부피 팽창 일어나 보일러 동체 폭발

포화수 : 끓는 온도이나 증발 일어나지 않은 상태 물. 5kgf/cm² 포화수 156°C

예] 5kgf/cm² 운전 시 156°C 수증기 발생. 파열로 보일러 내부 압력이 갑자기 대기압으로 낮아지면 100°C에서 수증기 발생 가능. 56°C 온도 차이만큼 남는 에너지가 1초 이내 수증기로 변화

압력(bar g)	포화온도(°C)	포화증기 부피(A) (m ³ /kg)	포화수 부피(B) (m ³ /kg)	부피팽창 (A/B)
대기압	100	1.673	0.001	1,673배



[폭발 형태 추정]

- ▶ 포화수가 균열 부위 통해 **전부연실 누출** → 전부연실 내 부피팽창 → 전부연실 덮개 탈락 → 폭발 영향으로 **최초 균열부위 확대** → **동체 하부 파열로 포화수 대량 누출** → 보일러 폭발

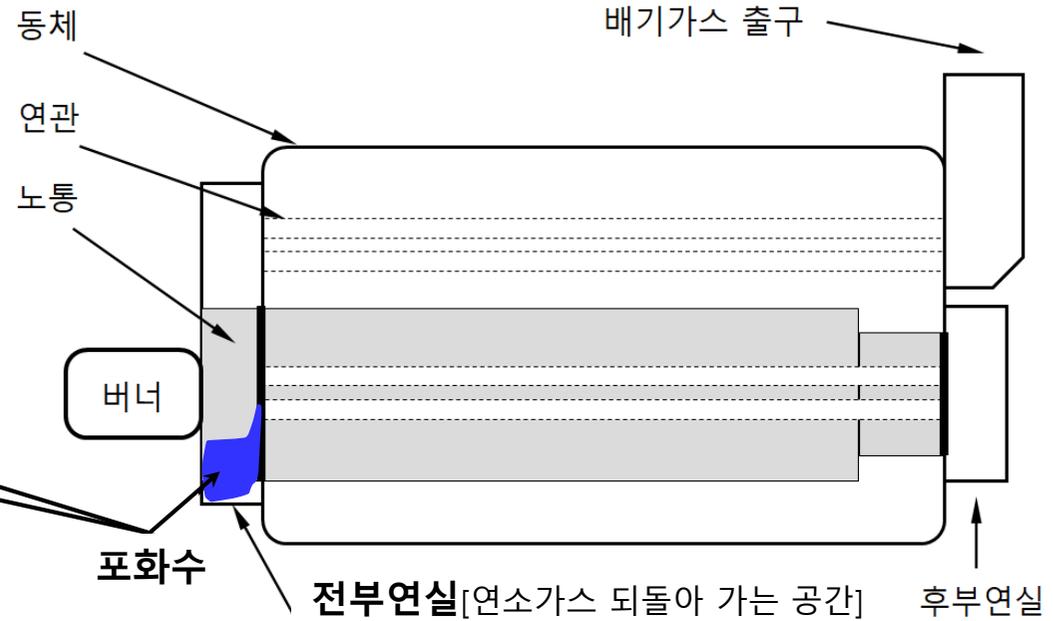
[예시: 보일러 내부]



[전부연실 최초 균열 추정]



[예시]



[전부 연실 덮개]



꺾인
부위

- ▶ 검사 이력에 **개조 내용 없음**. '94년 설치 후 5년/10년 장기 휴지. **2번 장소변경검사**
※ 수리는 허용되며, 노통 교체 등 중요사항 안전검사기관 **개조검사 대상**

- ▶ **노통 교체 흔적**

- ▶ **노통 크기 상이** : 안전검사 기관 검사서류 보일러 사양과 상이 [최대 안지름]

	종류	최대안지름	두께
노통 또는 화실		860	12

[검사 서류 860 mm]



[사고 보일러 976 mm]

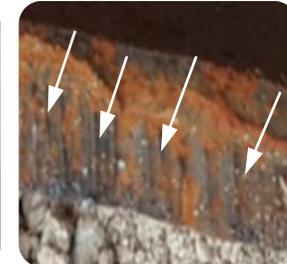
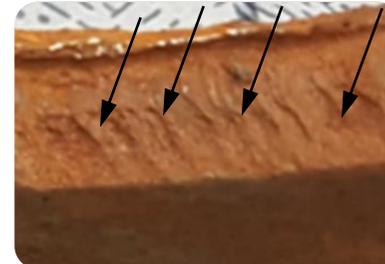
- ▶ **노통과 경관 용접부 주변 절단흔적** [시선 모양 = 산소절단]



[예시]



용단흔적



▶ 교체 여부 확인 위해 노통, 경판 절단 수거 [용접흔적 남아 있는 부분]



[노통 교체 시 절단 부위]



[노통]

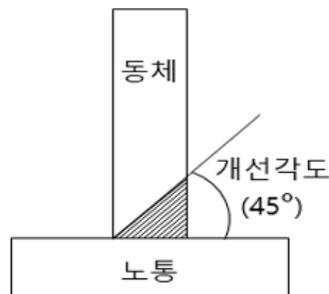


[경판]

▶ 사고 발생 보일러 노통 교체 적정성

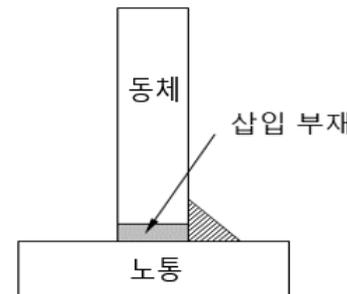
정상 노통 용접 [○○공단 기준]

노통 둘레를 따라 전경판을 잘라낸 원형 부분은 동체 판 끝을 각고 용접개선각도(45°)로 정확하게 마무리한 후 개선(Groove)용접

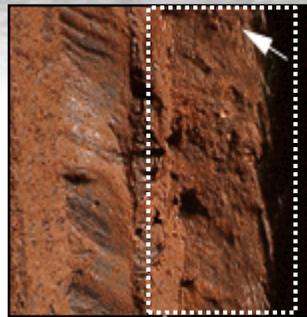


사고 보일러 노통 용접

동체와 노통 사이 용접선을 따라 용단흔이 있는 얇은 부재나 강선을 절단 삽입 후 필렛(Fillet)용접 이음. 용접 방법 부적합

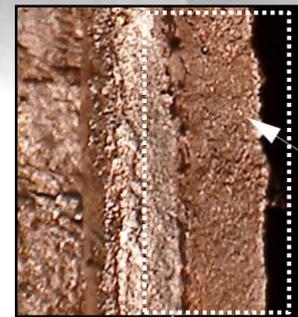


- ▶ **관건** : 잘못된 용접방법으로 **폭발 전에 균열이 이미 발생했었는가?**
 - ▶ 수거해온 노통에 남아 있는 용접 흔적에서 **부식 및 피로 파면** 형상 발견.
노통 용접부 하부 집중 발생. **전체 노통 용접부 약 1/3 차지**
[폭발로 찢겨진 경우에는 **전단파면** 형상]



용접부 폭발 전 균열

[부식 및 피로파면]



용접부 폭발 후 파단

[전단 파면, 노통 용접부 상부]

» 과정별 인적 요소

- ▶ 사고 당일 운전방법, 절차 특이사항 없음. 구매 ~ 사고 발생까지 **과정/인적요소[행위/원인]** 세분화
- ▶ **과정**: 보일러 구매 → 설치 → 운전.조작 → 안전검사
- ▶ **인적 요소**: 사업주, 제조사, 판매/설치업체, 법정 관리 선임자, 실제 운전자, 검사대행업체, 안전검사기관

구분	보일러 구매	설치	운전.조작	안전검사
사업주	<ul style="list-style-type: none"> • 온수 목적에 부합한 기종 검토 없음 - 보일러에 관한 지식 부재 • '94년 제작, '07년 이후 휴지 상태였던 중고 스팀노통연관보일러 '18년 구매 - 비용 절감 • 품질 낮은 정제유 연료 사용 - 비용 절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 보일러 노통 교체/수리. 개조검사 미신청(추정) - 검사 절차 모름 • 보일러실 시멘트블럭조 시공 - 관련 규정 없음 • 타 사업장 근로자 에너지공단에 선임 - 비용/시간 절감 - 검사기관에서 미확인 	<ul style="list-style-type: none"> • 보일러 운전과 타 공무 업무 병행 지시 - 무인운전 위험 미인지 	<ul style="list-style-type: none"> • 검사대행업체 일임
제조사		<ul style="list-style-type: none"> • 동일보일러(현재 폐업) 보일러 관련 자료 전무 		
판매/설치업체		<ul style="list-style-type: none"> • 보일러 노통 교체/수리. 개조검사 미신청(추정) - 안전검사 결과 불확실성(비파괴 검사 개조 미 고지) • 보일러실 시멘트블럭조 시공 - 관련 규정 없음 		

구분	보일러 구매	제작.설치	운전.조작	안전검사
법정 관리 선임자			<ul style="list-style-type: none"> 타 사업장 보일러에 대해 대리 선임 <ul style="list-style-type: none"> - 불법 인지. 친분 등에 의해 선임 선임된 보일러 운전 무 관여 <ul style="list-style-type: none"> - 가동/정지 방법만 알려줌 - 노통연관보일러 특성 미 고지 	<ul style="list-style-type: none"> 안전검사 시 대리 입회 <ul style="list-style-type: none"> - 법정 선임자 입회 의무 인지 - 검사기관에서 미확인
실제 운전자		<ul style="list-style-type: none"> 선임과 운전자 상이 위법 묵과 	<ul style="list-style-type: none"> 노통연관보일러 운전 경험, 자격 없으나 운전 <ul style="list-style-type: none"> - 관류 보일러와 차이 없는 것 판단 보일러 가동 후 보일러실 이탈. 운전 미감시 <ul style="list-style-type: none"> - 노통연관보일러 위험성 미인지 	
검사대행업체				<ul style="list-style-type: none"> 안전검사 시 대리 입회 목인 <ul style="list-style-type: none"> - 법정 선임자 입회 의무 인지 - 검사기관에서 미확인
안전검사기관		<ul style="list-style-type: none"> 관리자 선임 시 근로자 소속 미 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 당연히 소속 근로자로 추측 개조 여부 미 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 확인 의무 없음 		<ul style="list-style-type: none"> 현장 안전검사 시 관리자 실제 근무 미 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 확인 규정 없음 운전역량, 무인운전 미확인 <ul style="list-style-type: none"> - 운전 감시 이행 당연 인식 - 안전검사와 안전운전 별개 인식
보일러	<ul style="list-style-type: none"> '94년 제작 설치. 변경검사, '19년 개방검사, 성능검사 	<ul style="list-style-type: none"> '96년~'00년 사용중지, '00년 장소변경검사, 	<ul style="list-style-type: none"> '00년~'07년 사용, 	<ul style="list-style-type: none"> '08년~'18년 사용중지, '18년 장소

○ 사고발생 원인

» 직접원인(폭발이 사망으로 진행된 직접원인)

노통 교체 방법 부적합

- 용접부 부식 및 피로
파열로 포화수 누출

무인 운전

- 배기가스 온도 등 사고 전조현상 미 인지
※ 1구역 1인 선임 [관리자가 한 시야로 볼 수 있는 범위]
※ 인간은 불완전한 합리성, 이상발생하는 능력 중요
- '18년 후 미 상주. 자동 과신. 운전 미 개입
- 장기간 무인운전 보일러 피로 누적

폭발 영향 최소화 실패

- 보일러실 붕괴 및 파편
비산하여 다른 장소
근로자 다수 사상

» 기여원인

사업주

- 타 사업장 근로자 대리
선임
- 무자격자 보일러 운전,
타 업무 병행 지시
- 위험 검토 능력 부족
[기준 선정 시 용도, 위험성
보다 경제성 우선]

선임 관리자

- 타 사업장 대리 선임
- 선임 보일러 운전 무관여
- 안전검사 시 대리 입회

실제 운전자

- 해당 보일러 경험/
자격 없이 운전
- 운전 감시 미 실시
[출근 기동, 퇴근 정지]
- 무자격 운전 위법
인지

안전검사기관

- 선임 근로자 소속 미
확인[소속 근로자 당연]
- 안점검사 대행업체 주관
현장 검사[운전자 역량
확인 불가]
- 노통 교체 미 인지

» 근본원인

▶ 규정위반 성행

- ▶ **대리 선임, 무자격자 운전, 대리 검사 입회, 대리 검사 입회 방치 성행**
보일러 개조 은폐

※ 관리자 선임/검사, 개조 등 중요사항 **위반 성행은** 다른 안전보건 관련 규정 **경시 풍토** 반증

- ▶ **위반 이유 : 국가 관리시스템 부재** [국가 감시(surveillance)가 미치지 못함]

※ 처벌받지 않는다는 의식 팽배[규정 위반 급속히 확산], **비정상이 정상으로 정착**

에너지이용합리화법

- 타 사업장 근로자 **대리**
선임 금지 규정 없음
- **선임관리자 실제운전**
확인 의무 없음
- **개조여부 확인** 절차 미 반
영[사용자 신청에 의존]

안전검사기관

- **안전검사대행업체 주관 현장 검사**로
실제 운전자 역량, 운전방법 확인 어려움
- 현장 검사 시 **선임관리자 실제 근무 여부**
확인 하지 않음
- 장기 휴지&장소변경 보일러 **개조 확인**
검사자 **개인역량 의존**

산안법[고용부, 공단]

- '09년 보일러 안전검사
산안법 제외. **'11년 정위치**
등 운전방법 교육
[규칙84조] 삭제
- 보일러 안전검사 관련
감독 부재
- 보일러 **안전검사 실시**
여부만 확인, 안전운전/
기능/자격 확인 소홀

▶ 「산안법」 보일러 폭발 사고와 괴리

▶ 사용 연료에 따라 보일러실 구조 기준 [방호벽, 안전거리 등]. 수증기폭발 경우 미 반영

※ 방호벽 구조 PSM 대상 사업장에만 적용



- '18. 06. 경북 고령, 노통연관보일러(소각) 폭발, 스팀공급밸브 차단, 안전밸브 미 작동, 2명 사망
- '05.03. 충북 청원, 노통연관보일러 폭발, 저수위 경보 및 급수펌프 가동, 2명 사망 2명 부상
- '04.12. 경북 칠곡, 관류스팀보일러 폭발, 저수위 안전장치 오작동, 1명 사망 3명 부상
- '03.09. 경기 포천, 노통연관보일러 폭발, 저수위 안전장치 고장, 1명 사망 6명 부상

▶ 안전장치 정상 유지/관리만 규정. 운전감시 등 '안전운전 방법' 항목 미흡

▶ 보일러 안전검사 한계

▶ 보일러 안전검사와 평상 시 안전운전 방법 별개

- 안전검사 대행업체가 미리 **세관/점검/수리 등 최적상태**로 준비 후 **설비 이상 유무 한정 검사**
※ 인위적으로 만들어진 '안전검사 당시 설비안전' 한계성 지님
- 대형 보일러 폭발 사고의 원인을 제공했던 **운전감시**[무인운전 금지], **안전운전방법** 등 **운전 중 사고 예방 담보 어려움**



○ 사고방지 대책

» 규정 위반 풍토 근절(국가로부터 지속적으로 관리됨을 느낄 수 있도록)

공단	안전검사기관	고용노동부
<ul style="list-style-type: none"> • 노통연관보일러 보유사업장 사업주, 선임 관리자 각 안내[경고] 발송 [대리/무인 운전 금지 등] • 공단 패트롤 점검 시 노통연관보일러 보유 사업장 불시 확인 [종류, 년도, 관리자 인지 후 방문] (과거 예-지게차 운전자자격 현장 확인 효과) 	<ul style="list-style-type: none"> • 안전검사 시 현장 확인 지속 [1년 주기, 불시 패트롤 실제 운전/관리 상태 확인 필요] • 장기 휴지 보일러 현황 파악 및 향후 대책 등 업무 협의 	<ul style="list-style-type: none"> • 보일러 안전검사 기관 검사 업무 관련 감독 필요

※ 노통연관보일러(스팀) 9,554대 [산업 4,237대 (20년 이상 1,629대) / 난방 5,317대]

※ 유해·위험작업 취업제한에 관한 규칙 : 3년 이하 징역 또는 2천만원 이하의 벌금

» 보일러 관련 규정 개정

▶ 에너지이용합리화법

- 개조 확인 의무[검사기관], 개조 고지 의무[중고 판매자], 개조 신청[기입 의무] 의무[사업장] 부여
- 타 사업장 근로자 관리자 **선임 금지** [신청서 근로자 소속 반영]
- 안전검사 현장 수행 **선임관리자 주관** 및 실제 근무 여부, 운전방법 확인

▶ 산업안전보건법

- ▶ 수증기 폭발 위험이 높은 보일러 형식 보일러실 구조 기준 마련
- ▶ 작업시작 전 점검사항 '보일러 운전' 반영 [안전규칙 별표 3, 안전장치 작동시험, 정 위치 등]

» 유해·위험작업 취업제한에 관한 규칙 활용

▶ 취업제한규칙 관련 안전검사 기관과 근로자 기능, 자격제한 세부 내용 공유

- ▶ 한국가스안전공사 : 고압 압력용기 취급 근로자
- ▶ 전기안전공사 : 전기설비 취급 근로자
- ▶ 한국승강기안전공단 : 승강기 점검 및 보수 근로자
- ▶ 한국에너지공단 : 보일러 취급 근로자

▶ 타 기관 안전검사 시 안전운전방법, 대리 선임 확인 등 '안전운전' 관련 규정 준수 포함 협조

사례



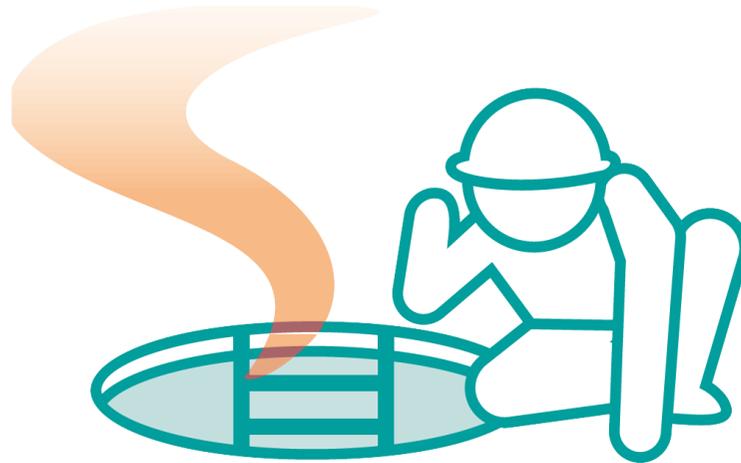
상수도 맨홀작업 중 질식



○ 사고발생 개요



- » 2019년 5월 00공원 내 상수도 맨홀 작업장에서 작업자 3명이 맨홀 내부 배수 작업에 이용한 양수기(내연기관)에서 발생한 일산화탄소 등 유해가스에 의해 중독되어, 1명이 사망하고 2명이 부상을 입은 재해임



○ 사고발생 공정



» 작업 내용

- ▶ 상수도 맨홀 내부 균열 상태와 파손 유무 파악 및 맨홀 내부의 상수도 관로 상태 점검을 위하여,
- ▶ 이틀간 맨홀 9개소 내부 배수 작업을 수행
[작업현장 내 맨홀 사진]



맨홀 (#4번, #5번)



맨홀 입구(직경 67cm)

○ 사고발생 공정



맨홀 내부



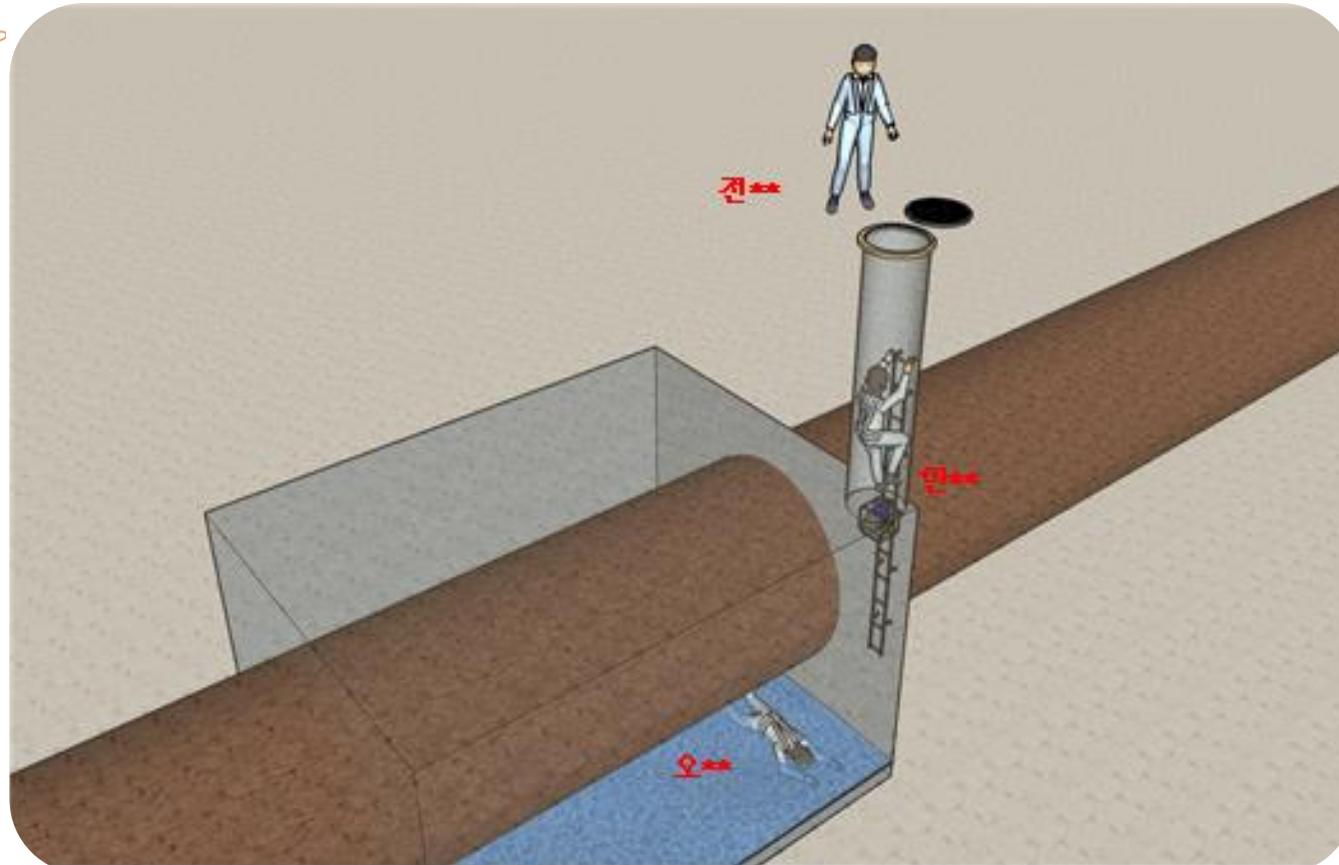
맨홀 내부

○ 재해발생 경위



일시	작업 상황
사고 당일	<ul style="list-style-type: none"> 2019년 5월 사고당일 5명이 한 팀으로 작업을 시작함.
13:00	<ul style="list-style-type: none"> 오후 13:00경, 양수기의 호스를 연결하여 배수작업 진행하던 중, 호스의 길이(5m)가 짧아, 피해자가 양수기를 맨홀 내 사다리에 고정하여 작업을 하면, 당일 작업을 완료할 수 있다는 의견을 제시함. (맨홀 입구에서 바닥까지 깊이 약 6.5m, 설치된 사다리 길이 약 3.7m)
14:48	<ul style="list-style-type: none"> 피해자가 양수기를 맨홀 내부 사다리에 고정(맨홀 입구로부터 3.05m지점)하고, 배수작업을 실시함.
15:15	<ul style="list-style-type: none"> 배수작업이 어느 정도 완료되었다고 판단한 피해자(오**)가 사다리에 매달린 양수기의 전원을 끈 후 맨홀 상부로 올라오던 중, 맨홀 바닥으로 추락함.

○ 재해발생 경위



재해발생 상황도 1

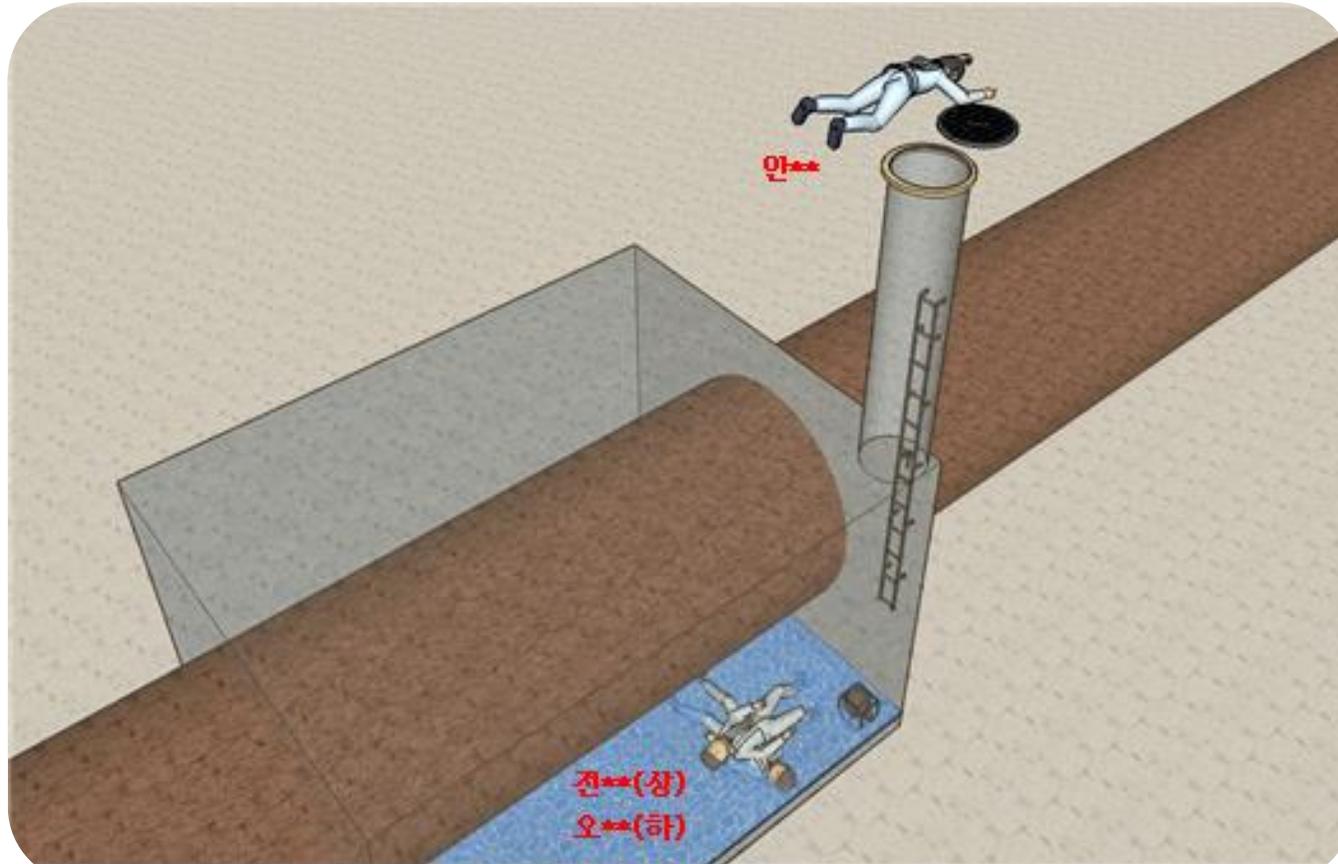
○ 재해발생 경위



일 시	작업 상황
15:18	<ul style="list-style-type: none"> 피재자(안**)가 피재자(전**)에게 119에 신고를 요청 후 자신은 피재자(오**)을 구조하기 위해 맨홀 내부로 들어감 피재자(안**)은 남아있는 물에 옆드려 있는 피재자(오**)의 몸에 로프를 묶은 후, 맨홀 입구에 있던 피재자(전**)의 부축을 받아 겨우 밖으로 나왔으나, 맨홀 입구 옆에서 실신함. 피재자(전**)은 피재자(오**)를 구조하기 위해 로프를 당겼으나 뜻대로 끌어올려지지 않자, 얼굴이 물속에 잠겨있는 피재자(오**)의 익사가 우려되어 맨홀 내부로 진입하여 인공호흡 2~3회 후, 맨홀 바닥에 쓰러져 있는 피재자(오**) 위로 쓰러짐.
15:24	<ul style="list-style-type: none"> 소방서에서 현장 도착하여, 병원으로 이송하였으나 1명사망(오**), 2명은 부상(치료)



○ 재해발생 경위



재해발생 상황도 2

○ 사고발생 원인



» 밀폐공간 작업에 대한 인지 미흡

▶ 상수도관 맨홀은 「산업안전보건에 관한 규칙」 별표 18 제4호, 제14호, 제18호에 해당하는 밀폐공간에 해당하나

- ▶ 밀폐공간작업프로그램을 수립·이행하지 않고 이에 따른 교육 미 실시 및 안전 장비 미 구비
- ▶ 관리감독자는 밀폐 공간 작업 전, 산소결핍이나 유해가스에 노출되지 않도록 맨홀 내부 적정공기여부 평가, 환기 및 송기마스크 착용관리 등 작업을 지휘 하여야 하나 미 실시

» 밀폐공간 작업 시, 안전수칙 미 준수

▶ 상수도 맨홀 산소 및 유해가스 농도측정 등 적정공기 평가 미 실시

- ▶ 사업주는 근로자가 상수도 맨홀 내(밀폐공간)에서 작업을 하는 경우에

○ 사고발생 원인



- ▶ 관리감독자 또는 보건관리자 등 유자격자(기관)로 하여금 산소농도·유해가스 농도 등을 측정하게 하고 적절한 공기가 유지되고 있는지를 평가하여야 하나,
 - ▶ 맨홀관 입구에서만 작업 전 산소농도를 측정하고 작업지점에 대한 유해가스 측정 미 실시
- ▶ 상수도 맨홀에서 내연기관(양수기) 작업 시 유해가스 제거를 위한 환기 미 실시**
- ▶ 사업주는 근로자가 상수도 맨홀 내(밀폐공간)에서 내연기관을 이용하여 배수 작업을 할 경우,
 - ▶ 작업을 시작하기 전과 작업 중에 적정공기 상태가 유지되도록 환기를 실시하여야 하나 미 실시



○ 사고발생 원인

» 일산화탄소 발생 추정 설비(양수기)



양수기 및 호스(동일기종)

▶ 송기마스크 등 구조·대피용 기구 미 비치

- ▶ 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 공기호흡기 또는 송기마스크, 사다리 및 섬유로프 등 비상시에 근로자를 피난시키거나 구출하기 위한 필요한 기구를 비치하여야 하나 미 비치

○ 사고방지 대책



» 밀폐공간 작업절차 준수

▶ 밀폐공간 평가 - 출입금지표지 - 출입허가제 절차 준수

- ▶ 맨홀은 밀폐공간으로 평가하여 출입관리하고
- ▶ 관계근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 그 내용을 보기 쉬운 장소(맨홀 옆)에 게시하고
- ▶ 출입허가제 실시를 통하여 작업 전 밀폐공간 보건작업기준을 충족하는 경우 출입을 허가토록 하는 시스템을 구축·운영



▶ 상수도 맨홀 산소 및 유해가스 농도측정 등 적정공기 평가 실시

- ▶ 사업주는 근로자가 지하수도관 내에서 작업을 하는 경우에 관리감독자 또는 보건관리자 등 유자격자(기관)로 하여금 작업시작 전은 물론 작업 중에도 수시로 작업지역의 산소농도 등 유해가스 농도 등을 측정하게 하고
- ▶ 적절한 공기가 유지되고 있는지 평가하여야 함

▶ 작업 전·작업 중 작업 공간 내부 환기 실시

- ▶ 밀폐공간에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 작업 시작 전 및 작업 중에 당해 작업장을 적정 공기상태로 유지되도록 환기를 실시하여야 하며
- ▶ 오염된 공기를 외부로 배출하도록 하고 신선한 공기가 바닥에까지 이를 수 있도록 하는 환기방식으로 실시되어야 함.

○ 참고사항

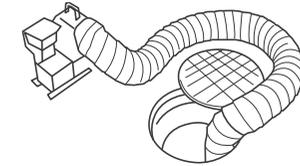
■ 동 재해발생 맨홀의 적정 환기요령

- 맨홀 내부의 적정 환기를 위한 환기방법은 플렉시블 덕트를 맨홀 내부의 하부층에 근접한 위치까지 내린 상태에서 배기구는 작업장소와 먼 거리(옥외)에 위치하도록 하여 맨홀 내부의 공기를 외부로 배기하는 방법으로 환기하여야 함
- 또한, 적정 환기량은 맨홀 내부의 유해가스 농도에 따라 차이는 있으나 일반적으로 작업시작 전에 맨홀 내부 용적(168m³)의 5배 이상인 840m³에 해당하는 신선한 외부공기로 내부를 환기시킨 후 작업에 임하도록 하고 작업중에는 맨홀 내부용적에 해당하는 신선한 외부공기를 시간당 20회 이상 환기하고 작업을 시행

※ 작업 전 필요 환기량 : 168m³ × 5배 = 840m³ (즉, 56m³/min 환기량 환기팬 15분 이상 가동) →

맨홀 내부 용적 : 5.4m × 5.6m × 5.8m(H) = 168m³

작업 중 필요 환기량 : 168m³ × 20회/60min = 56m³/min (즉, 56m³/min 이상 환기팬을 작업 중 계속 가동)



▶ 작업자 공기호흡기 등 질식재해예방 보호구 및 대피용 기구의 비치·착용

- ▶ 사업주는 근로자가 일산화탄소 발생 등으로 작업장의 적정공기가 유지되고 있지 아니하다고 평가된 경우에는 근로자에게 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하여 착용하도록 하고,
- ▶ 섬유로프, 안전대 및 사다리 등 비상시에 근로자를 피난시키거나 구출하기 위한 필요한 기구를 비치하여야 함.



▶ 밀폐공간 작업에 대한 특별교육 실시

- ▶ 밀폐공간에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 다음내용이 포함된 특별안전보건 교육을 실시하여야 함
 - 맨홀 내 양수작업 시, 발생할 우려가 있는 가스 등 작업환경에 관한 사항
 - 유해가스·산소농도측정 및 환기요령, 보호구 착용 및 사용방법에 관한 사항
 - 밀폐공간작업의 안전작업방법에 관한 사항
- ※ 일용근로자 2시간이상, 일용근로자를 제외한 근로자 16시간 이상

▶ 밀폐공간보건작업프로그램 수립·시행

- ▶ 밀폐공간에 근로자를 종사하도록 할 때에는 다음의 내용이 포함된 밀폐공간 보건작업프로그램을 수립·시행 하여야 함

- 사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안
- 작업시작 전 적절한 공기 상태여부를 확인하기 위한 측정·평가
- 응급조치 등 안전보건 교육 및 훈련
- 공기호흡기 또는 송기마스크 등의 착용과 관리
- 그 밖에 밀폐공간 작업근로자의 건강장해예방에 관한 사항



▶ 작업자 관리감독 철저

- ▶ 관리감독자는 밀폐공간 작업 전 산소결핍이나 유해가스에 노출되지 않도록
- ▶ 맨홀 내부 적정공기여부 평가, 환기 및 송기마스크 착용관리 등의 작업에 대한 지휘·감독 철저

사례

4

축사 노후지붕 개보수 작업 중 추락



○ 사고개요

- » 2020년 3월, 축사 지붕 개보수공사 현장에서 피해자가 노후된 선라이트 교체 및 칼라강판 설치작업을 위해 축사지붕 위를 이동하던 중 선라이트부로 떨어지면서 약 4.7m 아래 콘크리트 축사바닥에 부딪혀 사망한 재해임.

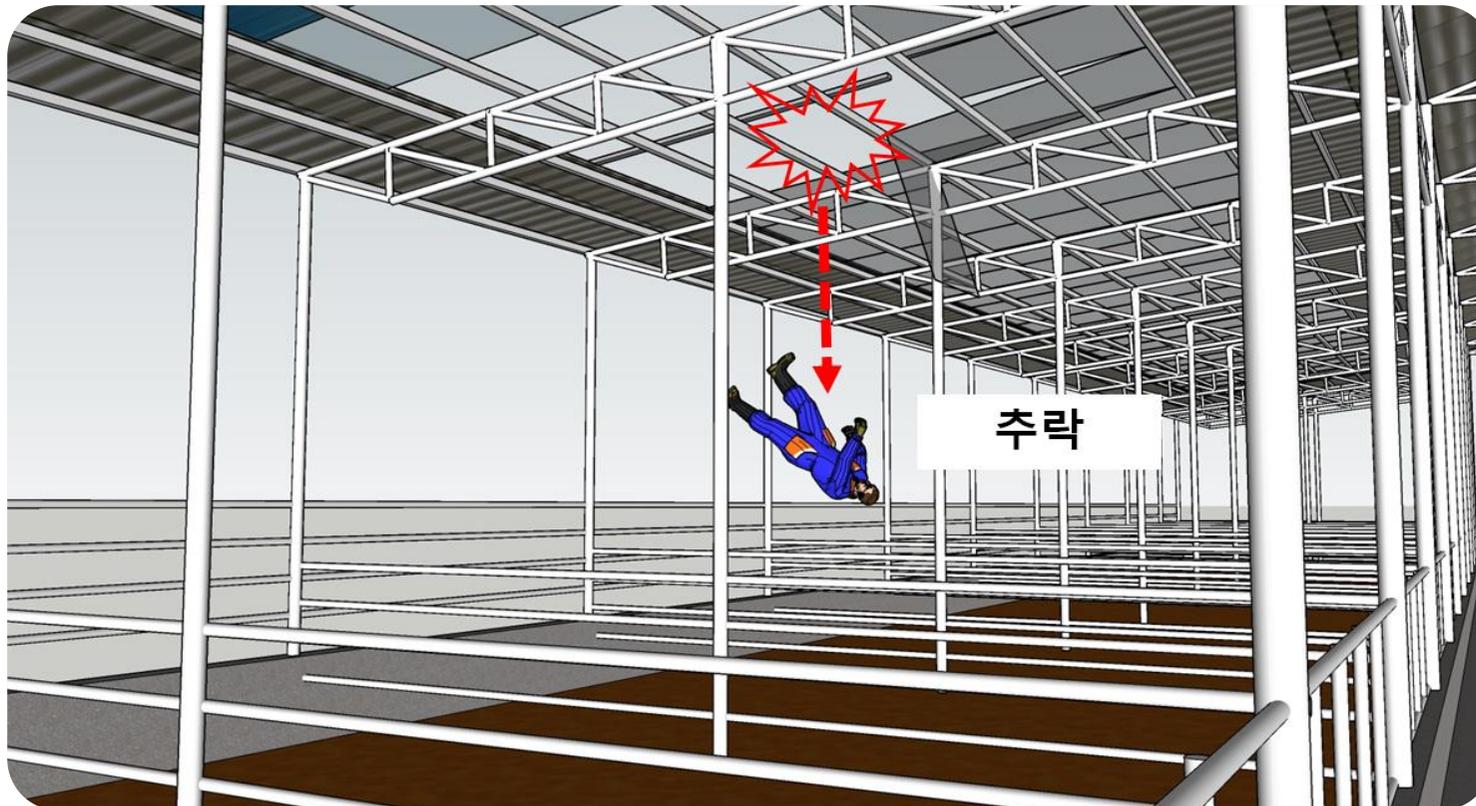
○ 사고내용



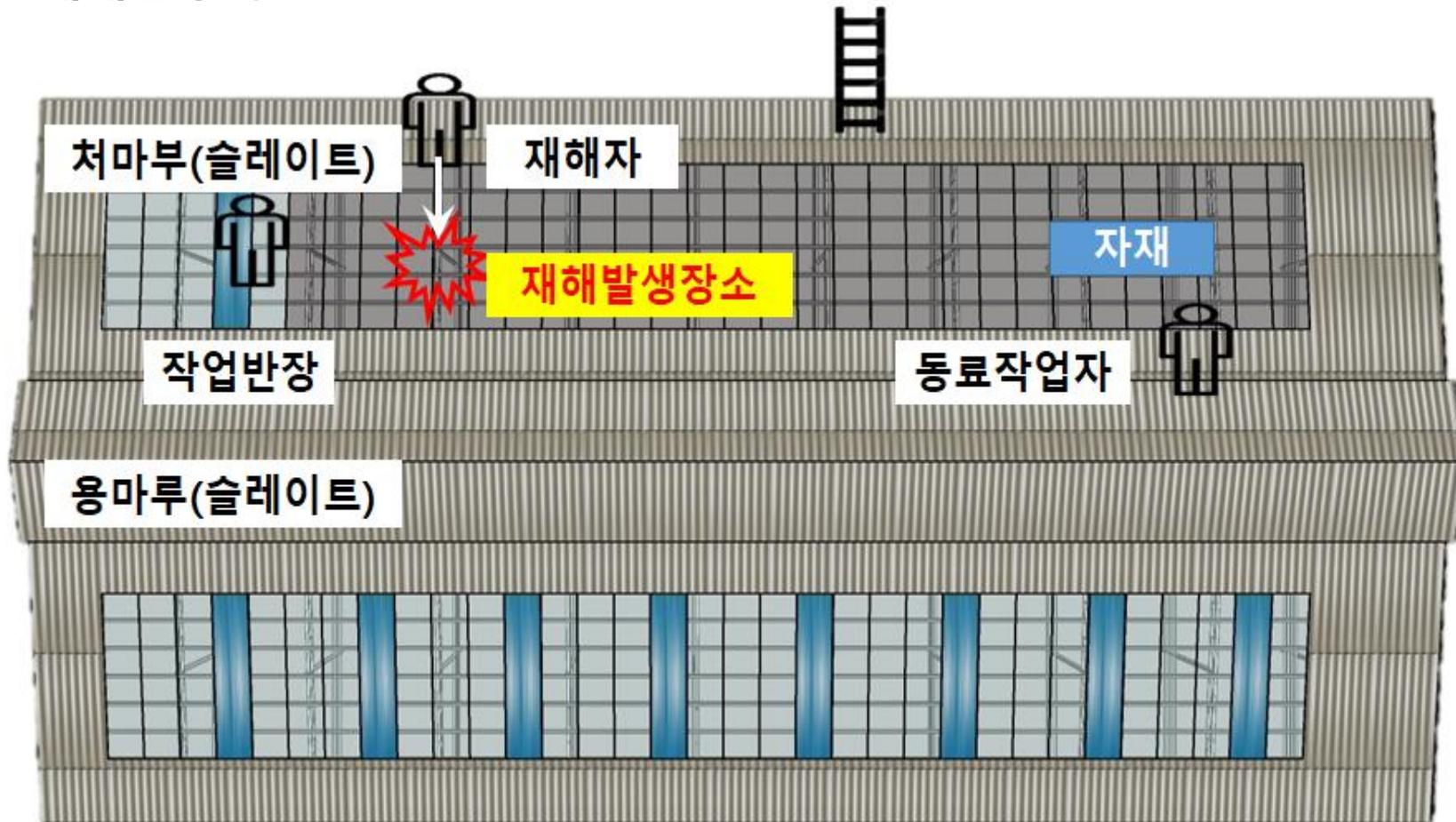
» 발생경위

- ▶ 재해발생 현장은 축사 지붕의 노후된 선라이트를 신품 선라이트와 칼라강판으로 교체 설치하는 현장이며 재해자는 지붕 교체작업 중 임시 설치한 지지대를 밟고 처마부에서 용마루 방향으로 이동하던 중 선라이트가 깨지면서 축사 바닥으로 떨어짐(높이 4.7m).

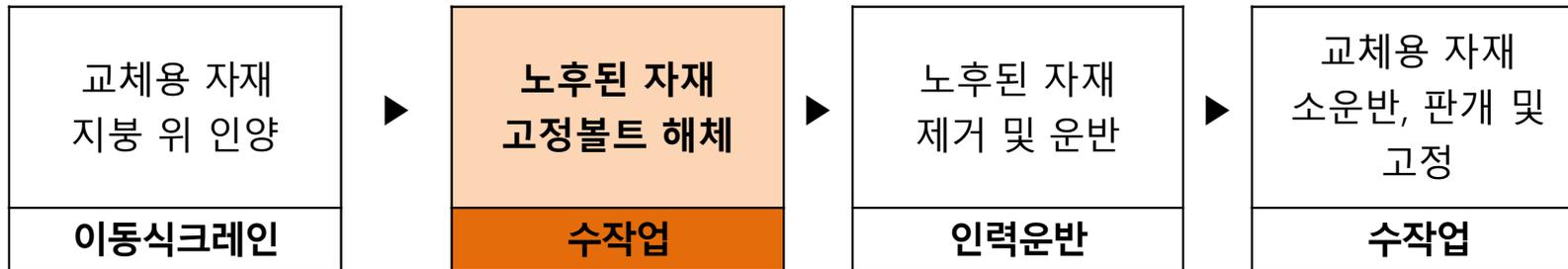
» 재해 상황도



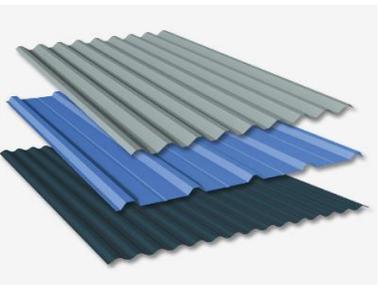
» 재해발생 장소



» 재해발생 작업



재해발생 

		
칼라강판	선라이트	고정볼트(예시)
규격: 폭(1.1m) * 길이(5.25m)	규격: 폭(1.1m) * 길이(5.25m)	

[지붕공사 자재]

» 노후지붕 교체작업



기존 선라이트 해체 전

[살짝 밟았을 때 깨짐]



교체 시공완료 후

[사람이 올라가도 깨지지 않음]

» 기인물



철거된 선라이트

[살짝 밟았을 때 깨짐]



시공예정인 선라이트

[사람이 올라가도 깨지지 않음]

» 작업 당시 문제점

- ▶ 선라이트 등 강도가 약한 재료로 덮은 지붕위에서 작업 또는 이동시 폭 30cm 이상의 발판을 설치하거나 안전방망을 치는 등의 조치를 해야 하나 추락방지 조치를 하지 않았음.
- ▶ 당일 교체작업 시 추락 방지를 위해 샌드위치 패널 설치하여 이동하면서 그 위에서 작업하였으며 재해발생 구간에서는 재해자가 C형강을 올려놓고 이동 통로로 사용하였음.



C형강(0.065mX3.5m, 가로X길이)



재해발생구간 C형강 설치 사진

» 사고 당시 작업상황



선라이트 설치위치에서 재해자가 이동



슬레이트 처마부에서 용마루 방향으로



○ 사고발생 원인

» 지붕 위에서의 위험방지 조치 미 실시

- ▶ 선라이트 등 강도가 약한 재료로 덮은 지붕 위에서 작업 할 때에 근로자가 떨어지는 위험예방을 위하여 폭 30cm이상의 발판을 설치하거나 지붕 하부에 추락방호망의 설치 등 조치를 하거나,
- ▶ 추락방호망의 설치가 곤란할 경우에는 안전대 부착설비를 설치하여야 하나 미 설치함.

» 개인 보호구 미 착용

- ▶ 추락할 위험이 있는 장소에서의 작업 시 안전모와 안전대 등 보호구를 착용하여야 하나 미 착용함.

○ 사고방지 대책

» 지붕위에서의 작업 시 추락재해예방 조치

- ▶ 강도가 약한 선라이트 등으로 덮힌 지붕위에서 작업을 하는 경우 근로자의 발이 빠지는 등 위험해질 우려가 있는 경우 폭 30cm 이상의 발판을 설치하거나 발판을 설치하기 곤란한 경우에는 하부에 추락방호망을 설치하여야 함.
- ▶ 또한 근로자가 작업 중 추락할 위험이 있는 경우 안전대 부착설비를 설치하고 근로자에게 안전대를 착용하도록 하여야 함.

» 개인보호구 지급 및 착용



- ▶ 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 하거나 작업자 이동경로에 추락위험이 있는 경우, 작업자들에게 안전모, 안전대 등 개인보호구를 지급하고 이를 착용하고 작업할 수 있도록 관리감독 하여야 하며,
- ▶ 추락 시에도 머리에서 안전모가 이탈되지 않도록 턱끈을 완전히 조인 상태에서 작업하도록 관리해야 함.

사례



전기 설비 내 까치집 제거작업 중 감전



○ 사고개요

- » 2020년 3월 공장 내에 위치한 전신주 위 수전설비로 올라가 까치집을 제거하다가 감전되어 추락 사망한 사고임

○ 사고내용

- » 정전 원인(까치집)을 제거하기 위해 무자격자가 임의로 전신주 위 전기 설비에 올라가 공기 중 전류가 흐를수 있는 위험범위 내로 접근하여 감전초래

» 재해발생 공정



» 기인물



공장 내 수전설비(22.9KV 충전전로)

» 수전설비 구조 및 역할

<p>COS(Cut Out Switch)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 변압기 및 주요 기기의 1차 측에 부착하여 단락 등에 의한 과전류로부터 기기를 보호 • COS가 개방(전류차단)되면 육안으로 확인이 가능
<p>ASS(Automatic Section Switch)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 자동고장구분개폐기(ASS)에서 수용가측의 사고발생시 사고 전류를 감지하여 자동으로 선로를 분리시켜 사고의 확대를 방지함
<p>MOF(Metering Outfit)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 계기용 변압 변류기(Metering Outfit)란 고전압 대전류를 전력량계로 적산하기는 곤란하므로 하나의 기기에 계기용 변압기와 계기용 변류기를 수납하여 저전압 소전류로 비례 변성하는 장치
<p>TR(Transformer)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 변압기(TR)는 특고압 또는 고압을 저압으로 변환함 (22.9kV를 380~220V로 변환)

○ 사고발생 상황



재해자가 전신주
(수전설비)로 올라감



MOF 거치대로
올라감



스파크 발생
(감전)



재해자 추락

○ 사고발생 원인

» 무자격자 임의작업

- ▶ 감전위험이 있는 전기기계·기구 또는 전로의 설치·해체·정비·점검 등의 작업을 하는 경우에는 「유해위험작업의 취업제한에 관한 규칙」 제3조에 따른 자격·면허·경험 또는 기능을 갖춘 사람(유자격자)이 작업을 수행하여야 하나 무자격자가 실시

» 전로차단 미 실시

- ▶ 노출된 충전부 또는 그 부근에서 작업하여 감전될 우려가 있는 경우에는 해당 전로를 차단하고 정전작업을 실시하여야 함

» 절연용 보호구 미착용

- ▶ 사업주는 감전의 위험이 있는 경우에는 절연용 보호구를 지급하고 이를 착용토록 하여야 함.

○ 사고방지 대책



» 유자격자에 의한 작업 실시

- ▶ 감전위험이 있는 전로 등의 정비 작업은 유자격자가 수행할 수 있도록 하여야 함

» 전로 차단 후 정전작업 실시

- ▶ 근로자가 노출된 충전부 또는 그 부근에서 작업함으로써 감전될 우려가 있는 경우 작업 전에 해당 전로를 차단하여야 함

» 작업계획서 작성

- ▶ 전기작업은 관리감독자를 통해 유해·위험방지 업무가 수행될 수 있도록 하고 작업계획서(50V or 250VA 초과 경우)를 작성하고 그 계획에 따라 작업하도록 해야 함

» 절연용 보호구 지급 및 착용 철저

- ▶ 사업주는 정전전로 또는 그 인근에서의 전기작업을 함으로써 감전될 우려가 있는 경우에는 근로자로 하여금 사용목적에 적합한 절연용 보호구(절연안전모, 절연장갑, 절연화, 절연복 등)를 지급하고 착용하도록 관리 감독 철저

감사합니다

